

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH VARIASI KANDUNGAN  
MAGNESIUM (Mg) DALAM PROSES  
PEMBUATAN BESI COR NODULAR  
TERHADAP KETAHANAN AUS**



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun Oleh :

**ADITYA BRORI ROMANDHANI**

**NIM : D200150111**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2019**

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

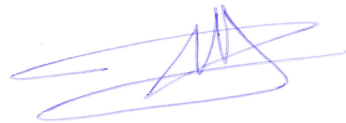
Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

**“PENGARUH VARIASI KANDUNGAN MAGNESIUM (Mg) DALAM  
PROSES PEMBUATAN BESI COR NODULAR TERHADAP  
KETAHANAN AUS”**

yang dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai memperoleh gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 6 Juli 2019

Yang menyatakan



Aditya Brori Romandhani

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas akhir berjudul “**PENGARUH VARIASI KANDUNGAN MAGNESIUM (Mg) DALAM PROSES PEMBUATAN BESI COR NODULAR TERHADAP KETAHANAN AUS**” telah disetujui oleh pembimbing dan diterima untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan Oleh :

Nama : **Aditya Brori Romandhani**

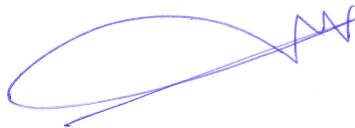
Nim : **D200150111**

Disetujui Pada :

Hari : *Senin*

Tanggal : *8 Juli 2019*

Pembimbing Tugas Akhir



(Agung Setyo Darmawan, ST. MT)

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir berjudul “PENGARUH VARIASI KANDUNGAN MAGNESIUM (Mg) DALAM PROSES PEMBUATAN BESI COR NODULAR TERHADAP KETAHANAN AUS” telah dipertahankan di hadapan Tim penguji dan telah dinyatakan sah untuk memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan Oleh :

Nama : **Aditya Brori Romandhani**

Nim : **D200150111**

Disetujui Pada :

Hari : *Rabu*

Tanggal : *10 Juli 2019*

Tim Penguji :

Ketua : Agung Setyo Darmawan, ST, MT

Anggota 1 : Tri Widodo Besar Riyadi, ST, M.Sc, Ph.D (

Anggota 2 : Ir. Agus Hariyanto, MT

(*[Signature]*)  
(*[Signature]*)  
(*[Signature]*)

Mengetahui

Dekan

Ketua Jurusan

  
(*[Signature]*)  
(Ir. H. Sri Sunarjono, MT. Ph.D)

*[Signature]*  
(Ir. H. Subroto, M.T)



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

Jl. A.Yani Pabelan KartasuraTromol Pos I Telp. (0271) 717417 ext. 222

---

**LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR**

---

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta :  
Nomor 023/II/ 2019 tanggal 13 Februari 2019 tentang Pembimbing Tugas Akhir  
dengan ini :

Nama : Agung Setyo Darmawan, ST. MT

Pangkat/Jabatan : LEKTOR/III C

Sebagai Pembimbing Tugas Akhir memberikan soal tugas akhir kepada  
mahasiswa :

Nama : Aditya Brori Romandhani

Nomor Induk : D200150111

Jurusan/Semester : Teknik Mesin/Akhir

Judul/Topik : Pengaruh Variasi Kandungan Magnesium Dalam Proses  
Pembuatan Besin Cor Nodular Terhadap Ketahanan Aus.

Rincian Soal/Tugas : Mengetahui pengaruh variasi kandungan magnesium dalam  
proses pembuatan besi cor nodular, melakukan pengujian  
komposisi, melihat struktur mikro besi cor nodular, dan  
melakukan uji ketahanan aus terhadap besi cor nodular.

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana  
mestinya.

Surakarta, 18 Februari 2019  
Pembimbing

Agung Setyo Darmawan, ST. MT

*Keterangan :*

*Dibuat rangkap tiga (3)*

*1. Untuk Kajur (Koordinator TA)*

*2. Untuk Pembimbing Tugas Akhir*

*3. Untuk Mahasiswa.*

## **HALAMAN MOTTO**

“Allah akan meninggikan derajat orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang berilmu pengetahuan”  
(Qs. Al-Mujadalah : 11)

“Barang siapa yang mengamalkan yang diketahuinya maka Allah menganugraahkan ilmu yang belum diketahuinya”  
(Shihab, 1994 : 439)

“Ilmu itu lebih baik dari pada harta, ilmu menjaga engkau dan engkau menjaga harta, ilmu itu penghukum dan harta itu terhukum, harta itu kurang apabila dibelanjakan tapi ilmu bertambah bila dibelanjakan”.  
(Khalifah Ali)

## HALAMAN PERSEMBAHAN



*Allhamdulillahirobil'amin, Allahumma Shollialla Sayidina Muhammad Waalaali Sayidina Muhammad.* Sujud syukur kusembahkan kepada-Mu ya Allah SWT, atas takdir-Mu saya bisa menjadi pribadi yang berpikir, berilmu, beriman dan bersabar. Semoga keberhasilan ini menjadi satu langkah awal untuk masa depan dalam meraih cita-cita. Dengan kerendahan hati dan bangga, penulis mempersembahkan karya ini untuk:

### **“Ayahanda dan Ibunda Tercinta”**

Kepada Ayahanda (Suwardi) dan Ibunda (Suni) tercinta. Sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada terhingga Aku persembahkan karya sederhana ini sebagai rasa bahagia serta terima kasihku atas segala kasih sayang, nasehat, motivasi, doa yang tiada henti, dukungan yang nyata serta cinta kasih tiada teringga yang selama ini Ayahanda dan Ibunda berikan kepada anakmu ini. Semoga dengan karya sederhana ini menjadi langkah awal untuk membuat Ayah dan Ibu bahagia.

# **PENGARUH VARIASI KANDUNGAN MAGNESIUM (Mg) DALAM PROSES PEMBUATAN BESI COR NODULAR TERHADAP KETAHANAN AUS**

## **ABSTRAK**

*Besi cor nodular adalah salah satu jenis dari besi tuang yang grafitnya berbentuk bulat. Magnesium (Mg) merupakan unsur yang paling sering digunakan didunia industri pengecoran sebagai bahan pembulat grafit karena lebih menguntungkan dibandingkan unsur lain.*

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kandungan magnesium (Mg) terhadap struktur mikro dan ketahanan aus besi cor nodular. Penelitian ini menggunakan FCD sebagai bahan utama yang kemudian dilebur didalam tungku induksi. Proses pembentukan besi cor bergrafit bulat dilakukan dengan sistem ladle terbuka, variasi penambahan FeSiMg sebesar 50 gram, 100 gram, 150 gram, dan 200 gram diletakkan didasar ladle berkapasitas 15 kg sesaat sebelum besi cair dituangkan ke dalam ladle.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin meningkatnya prosentase magnesium (Mg) dalam besi cor nodular menghasilkan butiran grafit yang cenderung semakin bulat dengan ukuran butir grafit seragam dan cenderung mengecil, selain itu terjadi peningkatan area perlit dan berkurangnya area ferit. sedangkan berdasarkan pengujian keausan dengan metode ogoshi nilai keausan tertinggi  $1,318 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{kg.m}$  terjadi pada spesimen 1 raw material FCD dan nilai keausan terendah  $8,837 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{kg.m}$  terjadi pada spesimen 5.*

**Kata Kunci :** *besi cor nodular, nodularisasi, magnesium, grafit, keausan*



# **THE EFFECT OF MAGNESIUM (Mg) CONTENT VARIATION IN THE PROCESS OF MAKING NODULAR CAST IRON TO WEAR RESISTANCE**

## **ABSTRACT**

*Nodular cast iron is one type of cast iron whose graphite is round. Magnesium (Mg) is the material most often used by the casting industry as a graphite forming material because it is more profitable than other materials.*

*This study aims to determine the effect of magnesium (Mg) content to microstructure and wear resistance of nodular cast iron. The study was used FCD as the starting material which was then smelted in the induction furnace. The process of forming round graphite cast iron is carried out by using an open ladle system, variations in the addition of FeSiMg by 50 grams, 100 grams, 150 grams, and 200 grams was placed under 15 kg capacity ladle just before the molten iron is poured into the ladle.*

*The results showed that the increasing percentage of magnesium (Mg) in nodular cast iron produced the graphite granules which tended to be more rounded with uniform graphite grain size and tended to shrink, in addition there was an increase in pearlite area and reduced ferrite area. while based on wear testing with the ogoshi method the highest wear value  $1,318 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{kg.m}$  occurred in specimen 1 raw material FCD and the lowest wear value was  $8.837 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{kg.m}$  occurred in specimen 5.*

**Keywords:** *nodular cast iron, nodularization, magnesium, graphite, wear*

## KATA PENGANTAR

Assalamua'alaikum. Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahnya-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan dan menyusun Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“PENGARUH VARIASI KANDUNGAN MAGNESIUM (Mg) DALAM PROSES PEMBUATAN BESI COR NODULAR TERHADAP KETAHANAN AUS”**, dapat terselesaikan atas dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini saya selaku penulis dengan segala hormat dan ketulusan hati ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Sofyan Anif, M.Si selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Ir. H. Sri Sunarjono, MT., Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Ir. H. Subroto, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Ir. Sunardi Wiyono, MT selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
5. Bapak Agung Setyo Darmawan, ST. MT selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing, mengarahkan, memberi petunjuk dalam penyusunan Tugas Akhir.
6. Bapak Agus Yulianto, ST. MT selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan mengarahkan selama belajar di Universitas Muhammadiyah Surakarta.
7. Jajaran Staf dan Dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan banyak ilmu yang bermanfaat kepada penulis selama masa perkuliahan.
8. Teman-teman Teknik Mesin UMS angkatan 2015 yang banyak memberikan motivasi dan semangat bagi penulis.

9. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan terima kasih atas dukungannya.

Penulis menyadari bahwa laporan ini jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran bersifat membangun dari pembaca akan penulis terima dengan senang hati dan penulis ucapkan banyak terima kasih. Semoga semua amal baik yang diberikan semua pihak kepada penulis akan mendapat balasan yang lebih baik dan sempurna dari Allah SWT.  
Wassalammu'alaikum Wr.Wb.

Surakarta, 6 Juli 2019

Aditya Brori Romandhani

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR.....	v
HALAMAN MOTTO .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
ABSTRAK .....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
KATA PENGANTAR .....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR SIMBOL.....	xviii

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Pembatasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori .....	7
2.2.1 Besi Cor.....	7
2.2.2 Pengelompokkan Besi Cor Berdasarkan Struktur Mikro.....	9

2.2.2.1	Besi Cor Putih ( <i>White Cast Iron</i> ) .....	10
2.2.2.2	Besi Cor Mampu Tempa ( <i>Malleable Cast Iron</i> ) .....	10
2.2.2.3	Besi Cor Kelabu ( <i>Grey Cast Iron</i> ).....	11
2.2.2.4	Besi Cor Nodular ( <i>Ferro Casting Ductile</i> ).....	12
2.2.2.5	Besi Cor Grafit Terpadatkan ( <i>Compacted Graphite Iron</i> ) .....	12
2.2.3	Paduan besi Cor .....	14
2.2.4	Proses Pengecoran.....	16
2.2.5	Proses Pengecoran Besi Cor Nodular .....	17
2.2.6	Unsur Paduan Besi Cor Nodular .....	17
2.2.7	Cacat Pada Corran.....	18
2.2.7.1	Cacat Porositas .....	18
2.2.7.2	Cacat Penyusutan ( <i>Shrinkage Defect</i> ) .....	18
2.2.7.3	Cacat Salah aliran .....	19
2.2.7.4	Cacat Permukaan Kasar.....	20
2.2.7.5	Cacat Retakan .....	22
2.2.8	Sifat Fisik dan Mekanik .....	23
2.2.8.1	Sifat Fisik.....	23
2.2.8.1.1	Komposisi kimia .....	24
2.2.8.1.2	Struktur Mikro.....	24
2.2.8.2	Sifat Mekanik .....	25
2.2.8.2.1	Keausan .....	25
2.2.8.2.2	Uji Keausan .....	31

### BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Diagram Alir Penelitian .....	33
3.2	Studi Pustaka dan Lapangan .....	34
3.3	Persiapan Alat dan Bahan Pembuatan Besi Cor Nodular .....	35
3.3.1	Alat.....	35
3.3.2	Bahan .....	37
3.4	Proses Pembuatan Besi Cor Nodular .....	39

3.5	Pembuatan Spesimen Pengujian .....	40
3.5.1	Persiapan Alat dan Bahan Preparasi Spesimen Pengujian .....	40
3.5.2	Proses Pembuatan Spesimen Uji .....	44
3.6	Instalasi Pengujian .....	46
3.6.1	Alat Uji Komposisi Kimia .....	46
3.6.2	Alat Uji Struktur Mikro .....	46
3.6.3	Alat Uji Keausan .....	47

#### BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1	Pengujian Komposisi Kimia .....	49
4.2	Pengujian Struktur Mikro .....	50
4.3	Pengujian Keausan.....	53

#### BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan .....	56
5.2	Saran .....	57

#### DAFTAR PUSTAKA

#### LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Fasa Besi-Besi Karbida .....	8
Gambar 2.2 Diagram Keseimbangan Fasa Besi Karbon.....	9
Gambar 2.3 Struktur Mikro Besi Cor Putih .....	10
Gambar 2.4 Struktur Mikro Besi Cor Mampu Tempa .....	11
Gambar 2.5 Struktur Mikro Besi Cor Kelabu .....	11
Gambar 2.6 Struktur Mikro Besi Cor Nodular .....	12
Gambar 2.7 Struktur Mikro Besi Cor Grafit Terpadatkan .....	13
Gambar 2.8 Skema Aliran Pengecoran .....	16
Gambar 2.9 Skema Proses Pembuatan Besi Cor Nodular.....	17
Gambar 2.10 Cacat Porositas Pada Penampang Potong produk Cor .....	18
Gambar 2.11 Bentuk Cacat Shrinkage .....	19
Gambar 2.12 Cacat Salah Alir .....	20
Gambar 2.13 Cacat Retakan.....	23
Gambar 2.14 Proses Pengamatan Pada Struktur Mikro .....	25
Gambar 2.15 Keausan Metode Adhesive.....	26
Gambar 2.16 Keausan Metode Abrasive .....	28
Gambar 2.17 Mekanisme Keausan Lelah .....	29
Gambar 2.18 Mekanisme Keausan Oksidative .....	30
Gambar 2.19 Mekanisme Keausan Erosi .....	31
Gambar 2.20 Pengujian Keausan Dengan Metode Ogoshi.....	32
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	33
Gambar 3.2 Tungku Pelebur Induksi .....	35
Gambar 3.3 Thermometer .....	36
Gambar 3.4 Timbangan.....	36
Gambar 3.5 Ladel Penuang .....	37
Gambar 3.6 Proses Pembuatan Cetakan.....	37
Gambar 3.7 <i>Ferro casting Ductile (FCD)</i> .....	38
Gambar 3.8 Paduan FeSiMg .....	38
Gambar 3.9 Proses Pembongkaran Cetakan .....	40

Gambar 3.10 Spesimen Hasil Pengecoran .....	40
Gambar 3.11 Gerinda Potong.....	41
Gambar 3.12 Mesin Milling .....	41
Gambar 3.13 Mesin Bubut .....	42
Gambar 3.14 Mesin Amplas dan Lembar Amplas.....	42
Gambar 3.15 Autosol .....	43
Gambar 3.16 Larutan Etsa.....	43
Gambar 3.17 Hair Dryer .....	44
Gambar 3.18 Dimensi Spesimen Uji Keausan.....	45
Gambar 3.19 Alat Uji Spektrometer .....	46
Gambar 3.20 <i>Metallurgical Microscop With Inverted (Olympus PME)</i> .....	47
Gambar 3.21 <i>Riken-Ogoshi's Universal Wear</i> .....	47
Gambar 4.1 Hasil Foto Struktur Mikro Besi Cor Nodular.....	51
Gambar 4.2 Volume Keausan .....	54
Gambar 4.3 Nilai Keausan Spesifik .....	54



## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Hasil Penelitian Pada Proses Pengecoran .....	6
Tabel 2.2 Bentuk Cacat Permukaan kasar Dan penyebabnya.....	20
Tabel 4.1 Hasil Uji Komposisi.....	49
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Keausan .....	53

## DAFTAR SIMBOL

$W_s$	=	Keausan spesifik	(mm <sup>3</sup> /kg.m)
$W$	=	Volume keausan	(mm <sup>3</sup> )
$B$	=	Lebar disk (piringan) pengaus	(mm)
$b$	=	Lebar keausan pada benda uji	(mm)
$r$	=	Radius piringan pengaus	(mm)
$p_o$	=	Beban tekan pada saat pengausan	(Kg)
$l_0$	=	Jarak tempuh dari proses pengausan	(m)